

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-356757
(P2002-356757A)

(43)公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
C 2 2 F 1/10		C 2 2 F 1/10	G 4 F 0 7 2
C 0 8 J 5/06		C 0 8 J 5/06	
C 2 2 F 1/18		C 2 2 F 1/18	H
// C 2 2 F 1/00	6 9 1	1/00	6 9 1 B
	6 9 4		6 9 4 A
審査請求 有 請求項の数11 O L (全 10 頁)			

(21)出願番号 特願2001-159786(P2001-159786)

(22)出願日 平成13年5月29日(2001. 5. 29)

(71)出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関1-3-1

(72)発明者 許 亜

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくば研究センター内

(72)発明者 大塚 和弘

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくば研究センター内

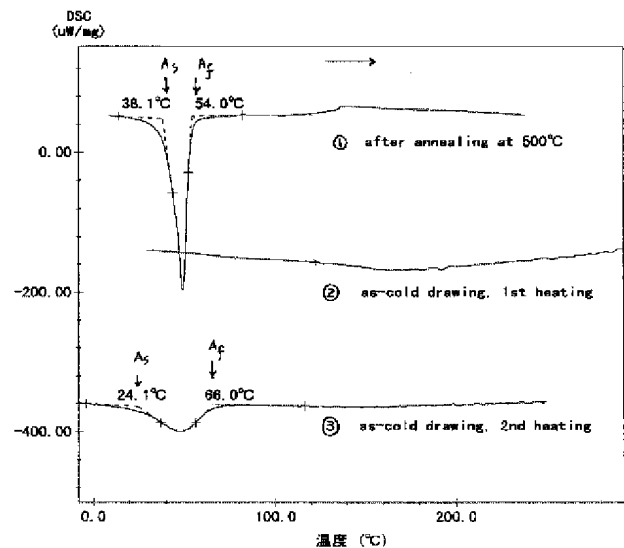
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 形状記憶合金を用いた機能性複合材料及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 ワイヤを両端固定しなくても、硬化中TiNiワイヤが逆変態が起こることがなく、収縮する事もなく、埋め込むことができる形状記憶合金を用いた機能性複合材料及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 相変態温度を介して、オーステナイト相とマルテンサイト相があらわれる形状記憶合金を用いて、冷間延伸加工して作製したマルテンサイト相の形状記憶合金ワイヤを樹脂母材で固めて成型したことを特徴とする機能性複合材料。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 相変態温度を介して、オーステナイト相とマルテンサイト相があらわれる形状記憶合金を用いて、冷間延伸加工して作製したマルテンサイト相の形状記憶合金ワイヤを樹脂母材で固めて成型したことを特徴とする機能性複合材料。

【請求項2】 冷間延伸加工率が少なくとも10%以上であるマルテンサイト相の形状記憶合金ワイヤを使用することを特徴とする請求項1記載の機能性複合材料。

【請求項3】 形状記憶合金ワイヤのほかに炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)の1種または2種以上を併用した請求項1記載の機能性複合材料。

【請求項4】 形状記憶合金がTi-Ni系合金である請求項1～3のいずれか一つに記載した機能性複合材料。

【請求項5】 Ti-Ni系合金がTi-49.5at%Ni、Ti-50at%Ni、Ti-50.5at%Niのいずれかひとつである請求項4に記載した機能性複合材料。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか一つに記載した機能性複合材料であって、形状記憶合金ワイヤに通電することにより逆変態終了温度(Af)以上まで加熱し、マルテンサイト逆変態を起こさせ、逆変態温度を正常に戻させ、相変態温度以上の温度にし、マルテンサイト相からオーステナイト相に変化させ、収縮力を発生させたことを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載した機能性複合材料。

【請求項7】 通電する形状記憶合金ワイヤが、全体の形状記憶合金ワイヤの内の一部である請求項6に記載した収縮力を発生させた機能性複合材料。

【請求項8】 相変態温度以下で、冷間延伸加工した形状記憶合金ワイヤを樹脂母材に埋め込んで成型する、形状記憶合金ワイヤを用いた機能性複合材料を製造することを特徴とする機能性複合材料の製造方法。

【請求項9】 相変態温度が100～130℃である請求項8に記載した機能性複合材料の製造方法。

【請求項10】 樹脂母材で固めるに際し、形状記憶合金ワイヤのほかに炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)を併用する請求項8又は請求項9に記載した機能性複合材料の製造方法。

【請求項11】 埋め込んだ冷間加工状態の形状記憶合金ワイヤを電流を短時間流すことにより、相変態温度以上に加熱して、逆変態を起こさせた直後、電流を切って、周りの樹脂母材に及ぼす熱の影響を小さくすることを特徴とする請求項6又は請求項7に記載の機能性複合材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、形状記憶合金を用いた機能性複合材料の製造方法に関するものである。さらに詳しくは、この発明は、形状記憶合金をマルテン

サイト相状態で冷間加工することにより、形状記憶合金ワイヤの予歪を発生するとともに、冷間加工が逆変態温度を上昇させるため、形状記憶合金ワイヤをCFRP、GFRP、エポキシ樹脂などの母材に埋め込み、熱硬化する際、形状記憶合金ワイヤの予歪を保持するための装置と制御を必要とすることなしに、形状記憶合金を用いた機能性複合材料を製造する方法である。

【0002】

【従来の技術】従来より、形状記憶合金を用いた機能性複合材料に関する適用化研究がいくつか提案されている。エポキシ樹脂に予歪を与えた形状記憶合金ワイヤを埋め込むことにより応力集中が緩和されることが確認されていた。また、予歪を与えた形状記憶合金ワイヤをCFRP、GFRP、AIなどのマトリクス中に埋め込んで、振動制御機能及び疲労亀裂進展速度を遅延させることも確認されている。(特開平9-317821号公報、特開平6-264161号公報、特開平7-48673号公報、特開平6-212018号公報、特開平9-176330号公報など)。これらは予め低温マルテンサイト相状態で与えた伸びひずみが、除荷のみでは歪が残留し、成型後加熱により母相に逆変態し、元の形状に回復する効果を利用している。

【0003】しかし、現在良く使っている熱処理したニチノール(Ti-50at%Ni)の逆変態終了温度(Af)は100℃以下であるのに対し、耐熱エポキシ樹脂の熱硬化温度が130℃以上であるため、TiNiワイヤをCFRP、GFRP、エポキシ樹脂などの母材に埋め込み、硬化成型に必要な温度がTiNiワイヤの逆変態終了温度を超えてしまうので、熱硬化成型過程中、予歪を与えたワイヤを固定しなければ、ワイヤが収縮し、その後TiNiワイヤの形状記憶効果が利用できなくなる。従って、今までの技術として、治具によりTiNiワイヤ両端を固定して予歪を保持したままCFRP、GFRP、エポキシ樹脂などを埋め込み硬化させなければならない。そのため、形状記憶合金ワイヤを用いた機能性複合材料の大きさと形状が大きく制限され、実用的には大きな問題であった。また、形状記憶合金に対して、引張により与えられた予歪の場合、マルテンサイト相状態での降伏応力が低いため、低温での強度、剛性を増加する効果が小さいことにも問題があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、上記の欠点を解消し、冷間加工処理により、TiNiワイヤの逆変態温度をCFRP、GFRP、エポキシ樹脂などの母材の硬化温度以上に上昇させ、TiNiワイヤを両端固定しなくても、硬化中TiNiワイヤが逆変態を起こすことがなく、収縮する事もなく、埋め込むことができる形状記憶合金を用いた機能性複合材料及びその製造方法を提供する。さらに、埋め込んだTiNiワイヤを短時間通電加熱することにより、TiNiワイヤの逆変態温度を正常に戻させ、TiNi

ワイヤの形状記憶効果が利用できる機能性複合材料を製造する方法を提供する。また、冷間加工処理はワイヤ製造過程の線引き処理だけを利用して、予歪を発生すると共に、逆変態温度を調整するため、製造コストの大幅な低減も期待でき、冷間加工によりTiNiワイヤのマルテンサイト相状態で降伏応力が大きく上昇するので、低温での強度、剛性を増加する効果も期待できる形状記憶合金を用いた機能性複合材料及びその製造方法を提供する。

【0005】

【発明を解決するための手段】この発明は、相変態温度を介して、オーステナイト相とマルテンサイト相があらわれる形状記憶合金を用いて、冷間加工処理により逆変態温度が上昇するが、一回逆変態させると、逆変態温度がまた正常に戻るという現象(図1)を利用した前記形 *

* 形状記憶合金を用いることにより、機能性複合材料及びその製造方法を発明するに至った。典型的な具体例を示せば、マルテンサイト状態で冷間延伸加工率が10%以上好適には35%程度の適度な冷間加工により、TiNi形状記憶合金ワイヤの予歪を発生させると共に、この冷間延伸加工が逆変態温度を上昇させるため、TiNiワイヤをCFRP、GFRP、エポキシ樹脂などの母材に埋め込み、熱硬化成型する際、TiNi形状記憶合金ワイヤの予歪を保持するための装置と制御を必要とすることなしに、形状記憶合金を用いた機能性複合材料を製造することができることを見出した。

【0006】

【表1】

	As(°C)	Af(°C)	Ms(°C)	Mf(°C)
Ti-49.54at%Ni, CR20% 1st cycle	131.7	195.1	69.9	17.5
2nd cycle	57.5	93.2	69	16.6
Ti-49.54at%Ni, CR35% 1st cycle	143.1	240.4	72.2	22
2nd cycle	32.8	81.7	70.2	21.4
Ti-50at%Ni, CR20% 1st cycle	115.5	188.9	62.7	6.6
2nd cycle	47.7	78.1	60.4	7.6
Ti-50at%Ni, CR35% 1st cycle	142.6	*	63.4	*
2nd cycle	22.6	66	62.6	*
Ti-50at%Ni, CR63% 1st cycle	160	*	*	*
Ti-50.5at%Ni, CR35at% 1st cycle	72.2	*	*	*

表1は示差走査熱量計(DSC)により測定したTi-49.54at%Ni、Ti-50at%Ni、Ti-50.5at%Ni各組成の合金の逆変態温度である。その結果、Ti-49.5at%Niの組成の場合、冷間加工率が20%になると、逆変態開始温度は130℃以上になることが分かった。また、Ti-50at%Niの場合、冷間加工率が35%になると、逆変態開始温度は130℃以上になることが分かった。これに対して、Ti-50.5at%Niの場合、冷間加工率が35%にしても、逆変態開始温度は70℃までしか上がらなかったことが分かった。さらに、これらの合金に対して、二回目加熱する場合、逆変態温度は大きく下がることも分かった。一例として、図1は冷間加工率35%のTi-50at%Ni合金の逆変態温度測定結果である。比較のために、500℃で直線記憶処理したTi-50at%Ni試料の逆変態温度測定結果も一緒に示す。一回目の加熱では、逆変態温度を示す吸熱ピークが非常にブロードになり、高温側に移動することが分かった。これに対して、二回目の加熱では、逆変態ピークがシャープになり、変態温度範囲も冷間加工しない試料と同じ程度に戻った。さらに、冷間加工状態の合金の逆変態温度を正確に把握するため、熱膨張測定により逆変態に伴う収縮歪の変化を図2に示す。逆変態温度範囲は大きく上昇し、120℃から210℃までになることがわかる。また、この結果から、冷間加工率35%の試料は約2.3%の引張予歪を与えた事もわかった。

※【0007】

【発明の実施の形態】このような研究結果を基にして、本発明の機能性複合材料及びその製造方法は考え出されたものであり、冷間加工処理したTiNiワイヤを用いた機能性複合材料の製造方法を以下具体的に示すことにより本発明を説明する。この発明は、埋め込んだ冷間加工状態のTiNi合金を通電加熱して、形状回復力を得る方法を提供する。母材に埋め込んで拘束したワイヤを一回逆変態させなければ、逆変態温度は正常に戻らず、回復力が利用し難いという問題がある。ところが、冷間加工した試料を逆変態させるため、逆変態終了温度(冷間加工率35%の場合、約210℃)まで加熱することが必要である。この温度は母材の硬化温度を超えるため、加熱の際母材の特性に悪影響を及ぼす恐れがある。ここで、逆変態が吸熱反応であることを利用し、特殊な加熱方法を開発した。具体的には、まず埋め込んだTiNiワイヤを一回大電流で非常に短時間加熱して、逆変態を起こさせ、すぐ電流を切る。逆変態が吸熱反応であり、ワイヤ表面付近の温度がすぐ上昇しないうちに、電流を切るため、周りの母材に及ぼす熱の影響が小さい。これによって、TiNiワイヤの逆変態温度は平常に戻り、低電流で加熱することにより、回復力が得られる。図3は一例として、冷間加工率35%のTi-50at%Ni(直径0.4mm)のワイヤを拘束して、通電加熱中の回復力、ワイヤ表面温度の測定結果を示したものである。一回目の加熱は電流3A

で4秒通電である。そのとき、ワイヤ表面最高温度は100度以下であることが分かった。二回、三回目の加熱は電流2Aで通電すると、一定の回復力が得られることが分かった。さらに、図3から、一回目の短時間通電加熱した後、室温に戻しても、100MPa以上の回復力が得られることが分かった。

【0008】そして、最適な電流値は各電流で回復力とワイヤ表面温度を測定することにより提供する。図4はその一例である。冷間加工率35%のTi-50at%Niワイヤを電流3Aで4秒加熱した後、1.5~2Aの電流値

で通電加熱することでは安定して250MPa以上の回復力得られる事がわかった。

【0009】次に、従来の方法(TiNiワイヤを引張で予歪を与えた後、固定しながら母材に埋め込む)と比べて、本法を用いると、冷間加工により室温付近での強度、剛性が増加する効果を示す。図5aは従来の方法を想定して、500℃で直線記憶処理したTi-50at%Niの合金に2%の予歪を与えた後、拘束して130℃加熱してから室温までに冷却し、再び引張試験をした時の応力-歪関係を示す。降伏応力が200MPa以下で、その後4%変形しても、応力が極わずかしこ上昇しないことが分かった。これに対して、図5bは冷間加工率35%の同じ組成のワイヤを130℃で2時間処理して、拘束して短時間通電加熱した後、室温での応力-歪関係である。図5aの場合より、その時の引張試験で降伏応力が上昇すると共に、変形量の増加に伴い、応力が大きく増加することが分かった。この結果から、冷間加工したTiNiワイヤが複合材料に対して低温での強化効果が著しく増加することが考えられる。本発明で用いる形状記憶合金は、相変態温度を介して、オーステナイト相とマルテン

サイト相があらわれる形状記憶合金であれば、どのようなものであっても良い。

【0010】本発明は、適度な冷間加工処理により、TiNiワイヤの逆変態温度をCFRP、GFRP、エポキシ樹脂などの母材の硬化温度以上に上昇させ、TiNiワイヤを両端固定しなくても、硬化中TiNiワイヤが逆変態を起こすことなく、埋め込むことを可能にするのもである。さらに、埋め込んだTiNiワイヤを短時間通電加熱することにより、TiNiワイヤの逆変態温度を正常に戻させ、TiNiワイヤの形状記憶効果を利用できる機能性複合材料を製造することができた。また、冷間加工処理はワイヤ製造過程の線引き処理だけを利用して、予歪を発生すると共に、逆変態温度を調整するため、製造コストの大幅な低減も期待できる。また、本発明で用いる樹脂母材は、代表的にはエポキシ樹脂であるが、その他フェノール樹脂やポリアミド樹脂などの熱硬化性樹脂であっても良く、強度が保てれば熱可塑性樹脂を併用しても良い。

【0011】本発明の実施の形態をまとめると以下のとおりである。

(1) 相変態温度を介して、オーステナイト相とマル

テンサイト相があらわれる形状記憶合金を用いて、冷間延伸加工して作製したマルテンサイト相の形状記憶合金ワイヤを樹脂母材で固めて成型したことを特徴とする機能性複合材料。

(2) 冷間延伸加工率が少なくとも10%以上であるマルテンサイト相の形状記憶合金ワイヤを使用することを特徴とする上記1記載の機能性複合材料。

(3) 形状記憶合金ワイヤのほかに炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)の1種または2種以上を併用した上記1記載の機能性複合材料。

(4) 形状記憶合金がTi-Ni系合金である上記1~3のいずれか一つに記載した機能性複合材料。

(5) Ti-Ni系合金がTi-49.54at%Ni、Ti-50at%Ni、Ti-50.5at%Niのいずれかひとつである請求項4に記載した機能性複合材料。

(6) 請求項1~5のいずれか一つに記載した機能性複合材料であって、形状記憶合金に通電することにより逆変態終了温度(Af)以上まで加熱し、マルテンサイト逆変態を起こさせ、逆変態温度を正常に戻させ、相変態温度以上の温度にし、マルテンサイト相からオーステナイト相に変化させ、収縮力を発生させたことを特徴とする請求項1~5のいずれか一つに記載した機能性複合材料。

(7) 通電する形状記憶合金ワイヤが、全体の形状記憶合金ワイヤの内の一部である上記6に記載した収縮力を発生させた機能性複合材料。

(8) 相変態温度以下で、冷間延伸加工した形状記憶合金ワイヤを樹脂母材に埋め込んで成型する、形状記憶合金ワイヤを用いた機能性複合材料を製造することを特徴とする機能性複合材料の製造方法。

(9) 相変態温度が100~130℃である上記8に記載した機能性複合材料の製造方法。

(10) 樹脂母材で固めるに際し、形状記憶合金ワイヤのほかに炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)を併用する上記8又は上記9に記載した機能性複合材料の製造方法。

(11) 埋め込んだ冷間加工状態の形状記憶合金ワイヤを電流を短時間流すことにより、相変態温度以上に加熱して、逆変態を起こさせた直後、電流を切って、周りの樹脂母材に及ぼす熱の影響が小さいことを特徴とする上記6又は7記載の機能性複合材料の製造方法。

【0012】

【実施例】本発明の実施例について具体的に述べる。冷間圧延率35%のTi-50at%Niワイヤ(直径0.4mm)を表面処理して(HF、またはHNO₃酸処理したもの)をCFRP(炭素繊維強化プラスチック)のなかに埋め込んで、損傷抑制、振動制御機能性複合材料を作製した。このCFRPの成型条件は130℃、2時間であるため、冷間加工したワイヤを130℃で2時間保持した後、逆変態温度

の変化をDSCで測定した。図6はその結果を示す。これによって、冷間加工したワイヤは130℃で2時間処理しても、逆変態は殆ど起こっていないことが分かった。

【0013】そして、130℃で2時間処理したワイヤを拘束状態で通電加熱して、回復力とワイヤ表面温度を測定して、最適な通電方法を得た。その結果は図7、8に示す。これによって、CFRPに埋め込んだ冷間加工率35%のTi-50at%Niワイヤは通電加熱で約220MPaの安定な収縮応力が得られることが分かった。さらに、図7、8から、一回目の短時間通電加熱した後、室温でも70MPa程度の回復力が得られることが分かった。このことから、冷間加工したワイヤをCFRPの中に埋め込んで、適度な電流で短時間通電加熱することにより、室温でも一定の収縮応力を生じ、損傷抑制機能が働いていることが解った。

【0014】図9aは一本のワイヤを埋め込んだCFRPの断面をSEMで観察したものである。図9bはワイヤとCFRPの界面領域の拡大図である。3Aの電流で短時間通電加熱しても、母材の樹脂が融解し、界面で亀裂を生じることが無いことを確認した。

【0015】

【発明の効果】本発明は、上記の機構を採用することにより、形状記憶合金の予歪を保持するための両端固定装置使わずに、冷間加工と通電加熱処理により逆変態温度と予歪を調整して、形状記憶合金の安定な回復力を利用できる機能性複合材料を熱硬化成型することを可能にする。これによって、従来の固定した直線状のワイヤしか埋め込めない制限がなくなり、種々の形状と大きさの形状記憶合金を用いた機能性複合材料を製造することが可能となる。さらに、本発明は、形状記憶ワイヤの予歪はワイヤ製造過程の冷間線引き処理だけを利用することであるため、製造コストの大幅な低減も可能にする。以上の効果から、本発明は形状記憶合金を用いた機能性複合材料の実用化には大きな意味がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 示差走査熱量計(DSC)によるTi-50at%Ni合金の逆変態温度の測定結果を示す。①500℃で直線記憶処理した試料の逆変態温度測定結果；②冷間加工率35%の同じ組成の試料を一回目加熱したときの測定結果；③冷間加工率35%の試料を二回目加熱したときの測定結果を示す図。

【図2】 熱膨張測定による、冷間加工率35%のTi-

50at%Niワイヤの逆変態に伴う収縮歪の変化の測定結果を示す図。

【図3】 冷間加工率35%のTi-50at%Niワイヤを拘束した状態で、通電加熱及び電流を切って冷却した過程中的回復力、及びワイヤ表面温度の測定結果を示す図。

【図4】 冷間加工率35%のTi-50at%Niワイヤを電流3Aで4秒加熱した後、各電流値で通電加熱及び電流を切って冷却した過程中的回復力、及びワイヤ表面温度の測定結果を示す図。

【図5】 冷間加工により室温での強化、及び剛性の増加する効果を示す。図5aは従来の方法を想定して、500℃で焼鈍したTi-50at%Niの合金に2%の予歪を与えた後、拘束して130℃に加熱してから室温までに冷却し、再び引張試験する過程中的の応力-歪関係を示す図。図5bは冷間加工率35%の同じ組成のワイヤを130℃で2時間処理して、拘束下で短時間通電加熱した後、室温で引張試験したときの応力-歪関係を示す図。

【図6】 示差走査熱量計(DSC)により冷間加工したTi-50at%Ni合金を130℃で2時間処理した後の逆変態温度の測定結果を示す。①冷間加工状態の試料の一回目加熱したときの測定結果；②冷間加工した試料を130℃で2時間処理した後、一回目加熱したときの測定結果；③冷間加工した試料を130℃で2時間処理した後、二回目加熱したときの測定結果を示す図。

【図7】 冷間加工したワイヤを130℃で2時間処理して、拘束状態で通電加熱及び電流を切って冷却した過程中的回復力、及びワイヤ表面温度の測定結果を示す図。

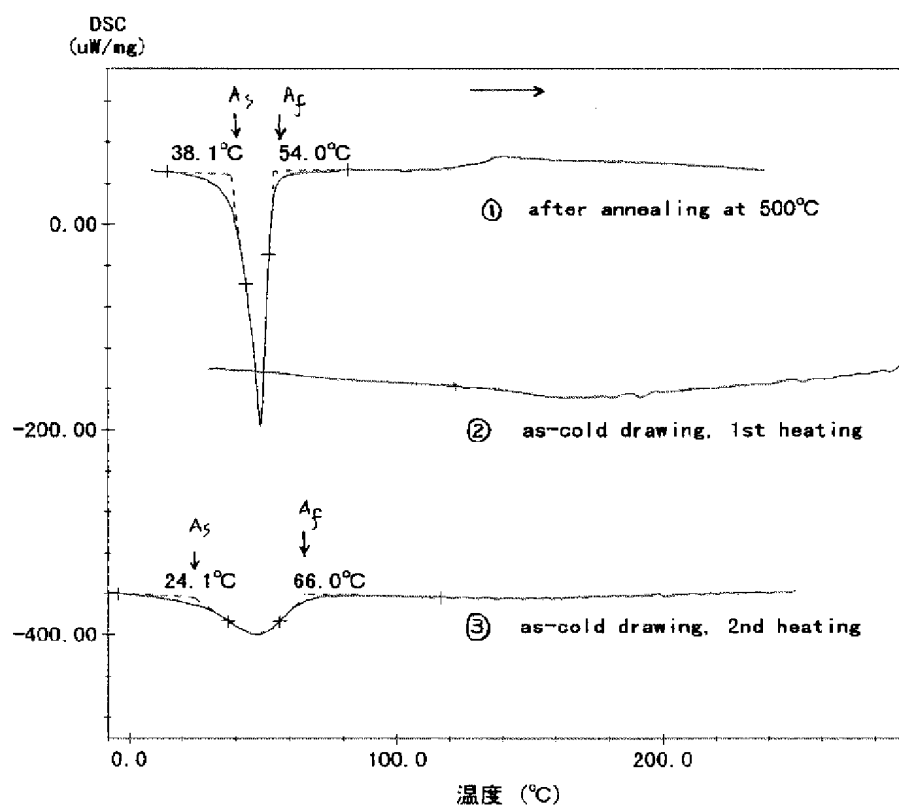
【図8】 冷間加工したワイヤを130℃で2時間処理して、電流2.8Aで2秒加熱した後、各電流値で通電加熱及び電流を切って冷却した過程中的回復力、及びワイヤの表面温度の測定結果を示す図。

【図9】 「図9a」は一本のワイヤを埋め込んだCFRPの断面をSEMで観察した結果を示す図。「図9b」はワイヤとCFRPの界面領域の拡大図。

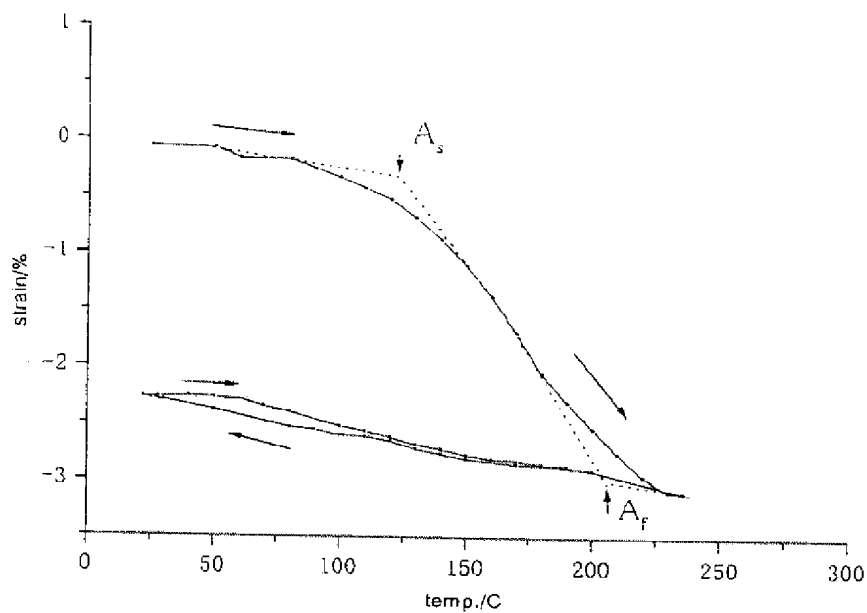
【符号の説明】

1. As：マルテンサイト逆変態開始温度
2. Af：マルテンサイト逆変態終了温度
3. Ms：マルテンサイト変態或いはR相変態開始温度
4. Mf：マルテンサイト変態終了温度

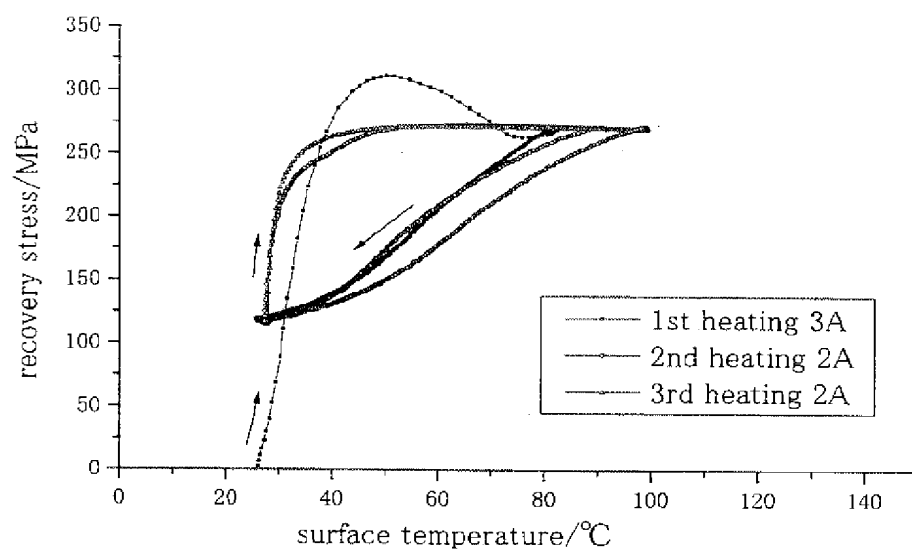
【図1】



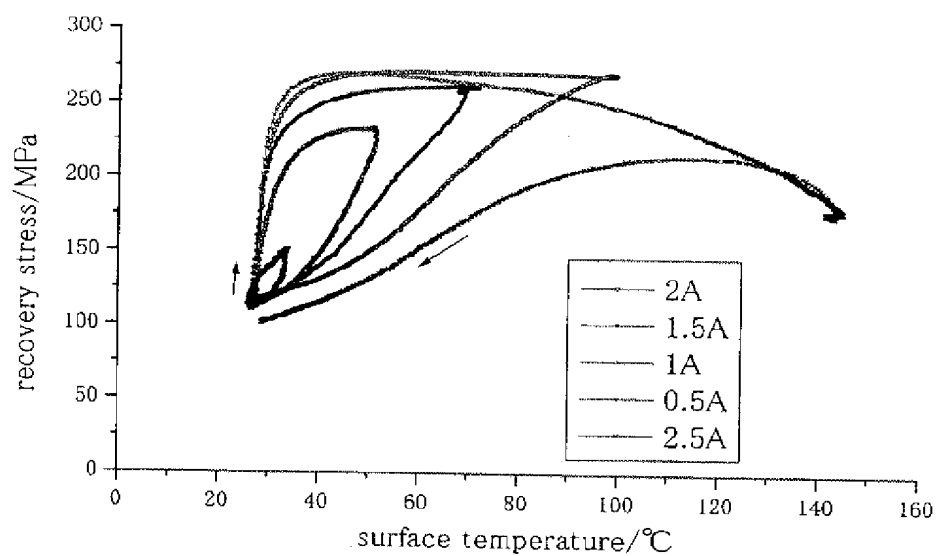
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

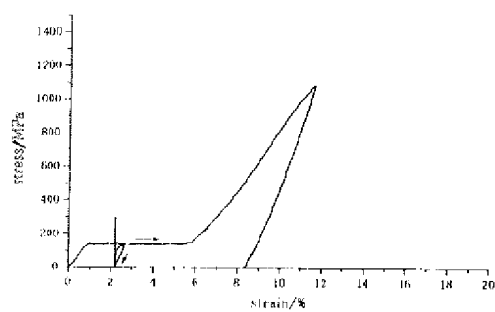


図5a

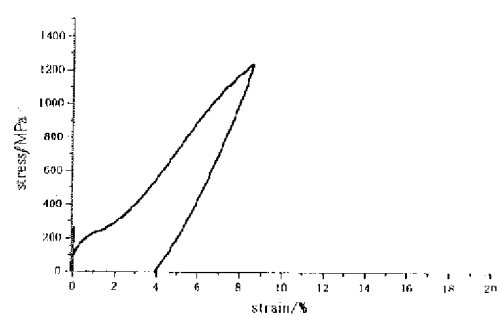
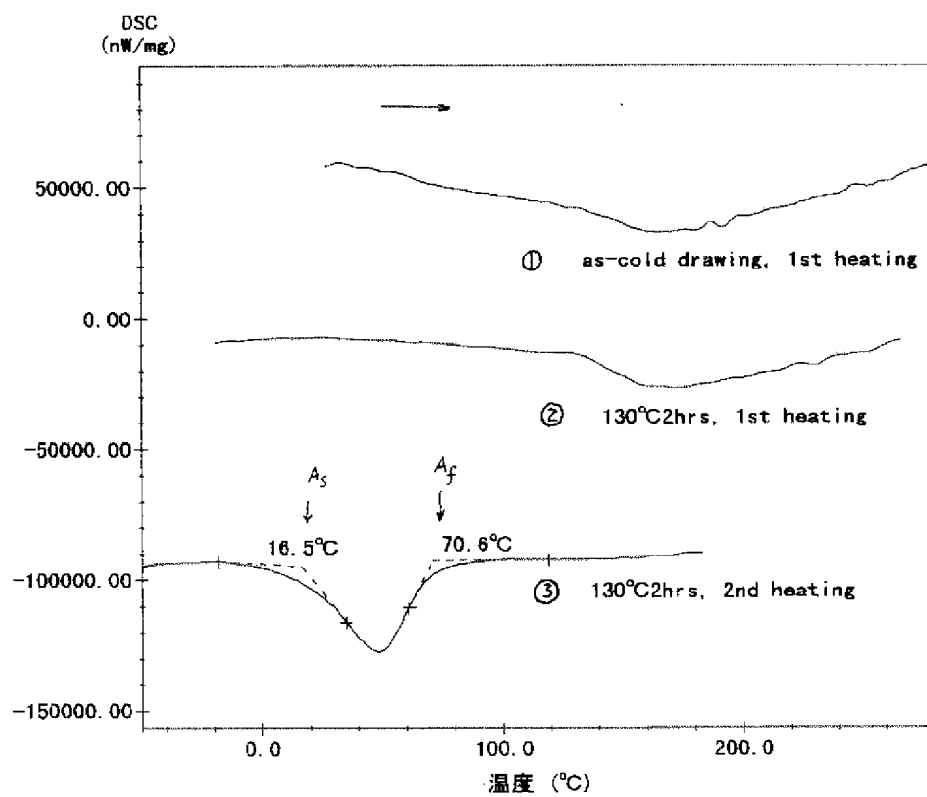
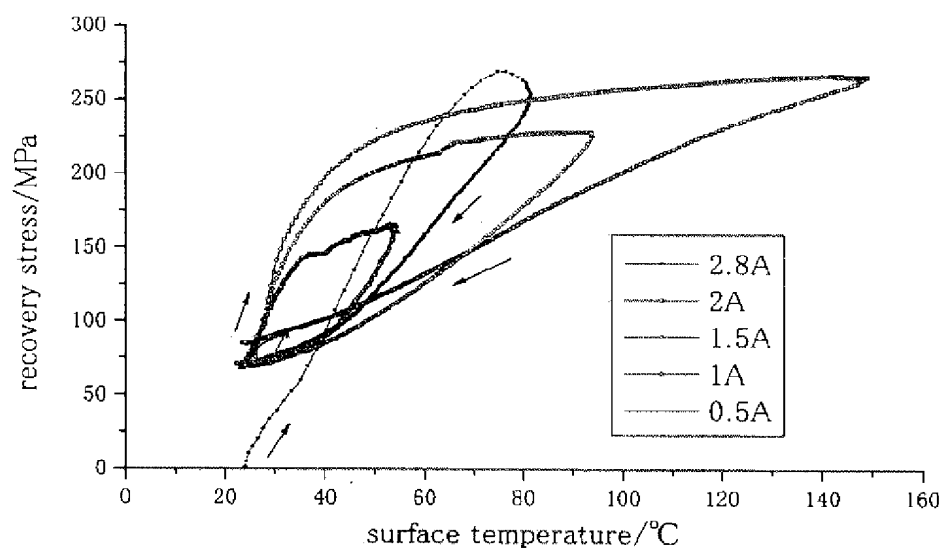


図5b

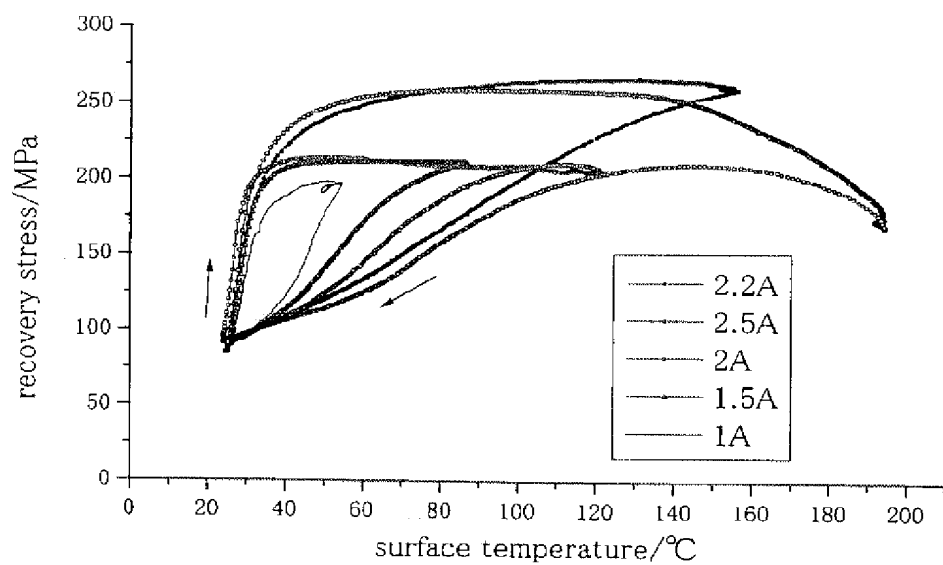
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 遠山 暢之
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法
人産業技術総合研究所つくば研究センター
内

(72)発明者 張 炳國
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法
人産業技術総合研究所つくば研究センター
内

(72)発明者 岸 輝雄
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法
人産業技術総合研究所つくば研究センター
内

Fターム(参考) 4F072 AA07 AB09 AB10 AC01 AD23

PAT-NO: JP02002356757A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002356757 A
TITLE: FUNCTIONAL COMPOSITE
MATERIAL USING SHAPE MEMORY
ALLOY, AND ITS MANUFACTURING
METHOD
PUBN-DATE: December 13, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KYO, TSUGI	N/A
OTSUKA, KAZUHIRO	N/A
TOYAMA, NOBUYUKI	N/A
CHO, HEIKOKU	N/A
KISHI, TERUO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL & TECHNOLOGY	N/A

APPL-NO: JP2001159786

APPL-DATE: May 29, 2001

INT-CL (IPC): C22F001/10 , C08J005/06 ,
C22F001/18 , C22F001/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a functional composite material using shape memory alloy and the wire made of which, even if both ends of a TiNi wire are not fixed, causes neither inverse transformation nor contraction during curing and can be embedded, and to provide its manufacturing method.

SOLUTION: The functional composite material can be obtained by using shape memory alloy in which austenitic phase and martensitic phase occur via the phase transformation temperature, cold-drawing the shape memory alloy, and binding the wire made of the shape memory alloy of martensitic phase with resin matrix to mold it.

COPYRIGHT: (C) 2003, JPO